

## اثبات حدس پوانکاره در رأس مهمترین رویدادهای علمی سال ۲۰۰۶

مجله معروف ساینس در شماره ۲۲ دسامبر ۲۰۰۶ خود ده دستاورد را به عنوان مهمترین موفقیت‌های علمی این سال اعلام کرده است. برای آنکه خوانندگان اخبار را از این خبر تازه بی‌نصیب نگذاریم، مجبوریم از تاریخ رسمی این شماره که مربوط به تابستان است چند ماه جلو برویم چون اگر بخواهیم تا زمان انتشار شماره بعد صبر کنیم، خبر کهنه می‌شود. وانگهی، اغلب این دستاوردها، و به‌خصوص اثبات حدس پوانکاره که سوژه اصلی این خبر است، پیش از پایان تابستان حاصل شده‌اند و بنابراین، چندان هم به تاریخ خیانت نکرده‌ایم.

موفقیت‌های علمی بزرگ سال ۲۰۰۶ از نظر ساینس، به ریاضیات، محیط زیست، فیزیک، پزشکی، علوم اعصاب، و ژنتیک و زیست‌شناسی (۵ مورد) مربوط می‌شود. این مجله، اثبات پرلمان از حدس پوانکاره را در صدر همه این موفقیت‌ها قرار داده است. ترجمه شرح ساینس درباره اثبات حدس پوانکاره به قلم دانا مک‌کنزی (Dana Mackenzie) در زیر می‌آید و سپس شرح نه دستاورد دیگر را با تلخیص می‌آوریم. مترجمان: \* سید علی کتافروش، \* محمد مهدی شیخ‌جباری، و \*\*\* عصمت علی اکبر یزدی

### ۱. اثبات حدس پوانکاره

#### خمینه‌های بی‌نظم

هانری پوانکاره که این مسأله را در سال ۱۹۰۴ مطرح کرد، از نظر بسیاری از ریاضیدانان بنیانگذار توپولوژی به شمار می‌آید زیرا او اولین ریاضیدانی بود که توپولوژی را به روشنی از آنالیز و هندسه متمایز کرد. توپولوژی را گاه «هندسه ورقه لاستیکی» می‌نامند زیرا با ویژگی‌هایی از شکل‌ها سروکار دارد که اگر شکل تحت تبدیلاتی مانند فشردگی و کشیدگی قرار گیرد (بدون آنکه پاره شود)، آن ویژگی‌ها تغییر نمی‌کنند.

بدن ما و بیشتر اشیای آشنایی که با آنها سروکار داریم سه‌بعدی‌اند. ولی رویه آنها دو بعدی است. تاجایی‌که به توپولوژی مربوط می‌شود، هر رویه بدون مرز (رویه بسته مانند پوست بدن) اساساً فقط یک ویژگی مشخصه دارد که تعداد سوراخ‌های آن است. رویه‌ای که سوراخ ندارد کره است؛ رویه‌ای که یک سوراخ دارد چنبره است، و ... کره هرگز نمی‌تواند به چنبره تبدیل شود، و به عکس.

ولی موضوع به اشیای سه‌بعدی با رویه‌های دوبعدی ختم نمی‌شود. مثلاً می‌توان خمینه‌هایی سه‌بعدی را به عنوان مرز اشیای چهار بعدی تعریف کرد. مردم چنین خمینه‌هایی را فقط به طرز مبهمی می‌توانند تجسم کنند، ولی ریاضیدانان می‌توانند آنها را با استفاده از نمادهای ریاضی توصیف کنند و به تحقیق در خواص آنها بپردازند. پوانکاره ابزاری موسوم به «گروه بنیادی» ابداع کرد که سوراخ‌ها و سایر ویژگی‌های خمینه‌ها را، از هر بعدی، آشکار می‌سازد. او حدس زد که خمینه سه‌بعدی نمی‌تواند هیچ خصوصیت توپولوژیک در خور توجهی را از چشم گروه بنیادی پنهان نگه دارد. به عبارت دیگر، هر خمینه سه‌بعدی با گروه بنیادی «بدیهی»، باید یک ابرکره باشد یعنی مرز یک گوی در فضای چهار بعدی [در این بحث، فرض فنی «فشردگی» هم برای خمینه لازم است].

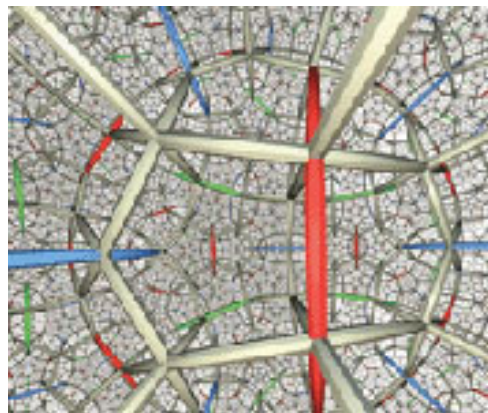
هرچند بیان حدس پوانکاره ساده است، اثبات آن فوق العاده دشوار از آب درآمد. تا اوایل دهه ۱۹۸۰ ریاضیدان‌ها این حدس را برای تمام بعدهای بزرگتر از سه ثابت کردند. ولی حالت سه‌بعدی -- حالت اصلی که مورد نظر پوانکاره بود -- حل و فصل نشده بود.

از نظر ریاضیدانان، اثبات گریگوری پرلمان (Grigory Perelman) از حدس پوانکاره دست کم در دهه اخیر، مهمترین دستاورد ریاضی به شمار می‌آید. اما قسمت قابل توجهی از این دهه صرف این شد که ریاضیدانان در مورد درستی آن متقاعد شوند. در سال ۲۰۰۶، چهار سال پس از آنکه این ریاضیدان روس اولین مقاله از سه مقاله خود را در این زمینه از طریق اینترنت انتشار داد، محققان بالاخره به این اتفاق نظر رسیدند که پرلمان یکی از مهمترین مسائل ریاضی را حل کرده است. اما ارائه این راه حل چنان طوفانی از مشاجرات و احساسات تند و تیز پدید آورد که ممکن است این کار درخشان را تحت الشعاع قرار دهد.

اثبات پرلمان باعث دگرگونی اساسی در دو شاخه از ریاضیات شده است. اولاً، با این اثبات، مسأله‌ای که بیش از یک قرن همچون معمای غامض در مرکز توپولوژی -- مطالعه ریاضی شکل مجرد -- قرار داشت حل و فصل شده است و بیشتر ریاضیدانان انتظار دارند که این کار به نتیجه‌ای کلی‌تر یعنی اثبات حدس هندسی‌سازی پینجامد، حدسی که خمینه‌های سه‌بعدی را رده‌بندی می‌کند و نقشی شبیه جدول مندلیف در شیمی دارد یعنی یک نوع «جدول تناوبی» برای این خمینه‌هاست.

ولی دستاورد پرلمان علاوه بر آنکه نتایج تازه‌ای برای توپولوژی به دست می‌دهد، تکنیک‌های جدیدی نیز برای هندسه به ارمغان می‌آورد. این دستاورد، نقش اساسی معادلات تحول در هندسه را استحکام می‌بخشد. معادلات نامبرده ابزارهایی نیرومندی هستند که به کمک آنها می‌توان خمینه‌هایی را که مطالعه آنها دشوار است، به خمینه‌های رام‌تری تبدیل کرد. مطالعات قبلی در مورد چنین معادله‌هایی همیشه به مانع «تکنیکی‌ها» بی‌برمی‌خورد که این معادله‌ها در آنها کارساز نیستند. پرلمان این مانع را از میان برداشت. شینگ-تونگ یائو (Shing-Tung Yau) استاد ریاضیات هاروارد در تابستان امسال طی یک سخنرانی در پکن گفت: «این اولین باری است که ریاضیدانان توانسته‌اند ساختار تکینگی‌ها و نحوه پیدایش چنین سیستم پیچیده‌ای را درک کنند. روش‌های به‌دست آمده در این زمینه ... پرتوی بر بسیاری از مباحث مربوط به طبیعت مانند معادلات ناوبری-استوکس [در دینامیک شاره‌ها] و معادله اینشتین [در نسبیت عام] خواهد افکند.»

در آمریکا به روسیه بازگشت. وی در آمریکا با همپلتن ملاقات کرده و چیزهایی درباره شارش ریچی آموخته بود. طی هفت سال بعد از آن، عمدتاً مشغول بود و تماسی با ریاضیدانان دیگر نداشت. در نوامبر ۲۰۰۲، پرلمان اولین مقاله از سه مقاله‌ای را که حاوی رتوس اثباتی از حدس هندسی‌سازی بود به صورت پیش‌چاپ از طریق اینترننت منتشر کرد: «شارش ریچی به عنوان یک شارش گرادینانی». پرلمان به مفهوم مهمی پی برده بود که همپلتن از آن غفلت کرده بود: کمیتی که طی شارش همواره افزایش می‌یابد و به آن جهت می‌دهد. وی به قیاس با مکانیک آماری، ریاضیات مبنایی ترمودینامیک، این کمیت را «آنتروپی» نامید.



تصویری کامپیوتری از یک خمینه سه‌بعدی با ساختار هذلولوی یکنواخت

آنتروپی، تکنیکی‌های مشخصی را که باعث دردرس همپلتن شده بود از میان برداشت. ولی برای رسیدن به یک ساحل امن، پرلمان باید انواع باقیمانده تکنیکی را که ممکن بود باعث مشکلاتی شوند، مشخص می‌کرد. او باید نشان می‌داد که این تکنیکی‌ها یکی پس از دیگری رخ می‌دهند نه آنکه به صورت توده‌ای نامتناهی روی هم انباشته شوند. سپس لازم بود در مورد هر تکنیکی نشان دهد که چگونه می‌توان آن را از میان برداشت تا بتواند اختلالی در شارش ریچی ایجاد کند. این گام‌ها برای اثبات حدس پوانکاره کافی بود. برای تکمیل اثبات حدس هندسی‌سازی، پرلمان باید علاوه بر آن نشان می‌داد که فرایند «شارش همراه با جراحی» تا زمانی نامتناهی قابل ادامه دادن است.

پرلمان در سال ۲۰۰۳ به آمریکا رفت تا درباره دستاوردش سخنرانی کند. بسیاری از ریاضیدانان تردید داشتند که او توانسته باشد از عهده این کار مهم برآید. ولی در سال ۲۰۰۶ بالاخره جامعه ریاضی به نتیجه رسید. سه دستنوشته جداگانه، هر یک در بیش از ۳۰۰ صفحه، شکاف‌های موجود در اثبات پرلمان را پر کردند.

دو تا از این مقاله‌ها -- یکی به قلم بروس کلاینر (Bruce Kleiner) و جان لات (John Lott) از دانشگاه میشیگان در آن آربر و دیگری نوشته جان مورگان (John Morgan) از دانشگاه کلمبیا و گانگ تیان (Gang Tian) از انستیتوی فناوری ماساچوست -- در مرحله اثبات حدس هندسی‌سازی متوقف شدند زیرا توضیح پرلمان درباره مرحله آخر خیلی اجمالی و ناقص بود. (هر دو گروه هنوز هم مشغول کار روی این



هانری پوانکاره

گریگوری پرلمان

توپولوژیدانان برای حل این مسأله به سوی ابزاری دست دراز کردند که تا آن موقع از نظرشان دور مانده بود یعنی سعی کردند راهی برای مشخص کردن فاصله بیابند. آنها درصدد بر آمدند توپولوژی را با هندسه درآمیزند.

در سال ۱۹۸۲، ویلیام ترستن (William Thurston)، که حالا در دانشگاه کورنل است) این حدس را مطرح کرد که می‌توان هر خمینه سه‌بعدی را به قطعاتی تجزیه کرد که هر قطعه ساختار هندسی یکنواخت و یکتایی داشته باشد، و این ساختارها بیشتر از هشت نوع نیستند. این حدس به حدس هندسی‌سازی معروف شد.

اگر حدس ترستن درست می‌بود، حدس پوانکاره ثابت می‌شد زیرا که تنها ساختار هندسی (از انواع پیشگفته) است که یک گروه بنیادی بدهی را می‌پذیرد. در همان سال، ریچارد همپلتن (Richard Hamilton)، که حالا در دانشگاه کلمبیاست) راهبردی برای حل و فصل این حدس پیشنهاد کرد: یک خمینه ناهموار دلخواه در نظر بگیرید و آن را از طریق یک شارش (جریان) به خمینه‌ای یکنواخت تبدیل کنید. وی برای هدایت این شارش، یک معادله تحول هندسی پیشنهاد کرد که از معادله گرما در فیزیک الهام گرفته شده بود، و آن را به نام یکی از هندسه دیفرانسیل‌دانان قدیم، «شارش ریچی» نامید. در شارش ریچی، نواحی با انحنای زیاد در نواحی با انحنای کم پخش می‌شوند تا آنکه انحنای سراسر فضا یکسان شود.

راهبرد همپلتن در مورد رویه‌ها یعنی خمینه‌های دو بعدی کاملاً کارآمد است. «گردن‌ها»ی باریک همیشه پهن می‌شوند. ولی در مورد خمینه‌های سه بعدی، شارش ریچی ممکن است به مشکل برخورد کند. گردن‌ها گاهی فضا را به ناحیه‌هایی با هندسه‌های یکنواخت متفاوت تفکیک می‌کنند. هرچند همپلتن تحقیقات پیشگامانه زیادی درباره شارش ریچی انجام داد، نتوانست از پس این تکنیکی‌ها برآید. در نتیجه، در اواسط دهه ۱۹۹۰ به نظر می‌رسید که کل برنامه تحقیقات در این زمینه دچار وقفه شده باشد. در سال ۲۰۰۰، وقتی مؤسسه ریاضی کلی (Clay) حدس پوانکاره را یکی از مسائلی اعلام کرد که برای حل آن یک میلیون دلار جایزه می‌دهد، بیشتر ریاضیدانان عقیده داشتند که موفقیتی در این زمینه در دیدرس نیست.

### پیشرفت

ولی پرلمان در این زمان به حل مسأله نزدیک شده بود. در سال ۱۹۹۵، این ریاضیدان ۲۹ ساله اهل سن پترزبورگ پس از اقامت سه ساله‌ای

نتایج اولیه نشان می‌دهند که انسان نئاندرتال حدود ۴۵۰۰۰۰ سال پیش از جد مشترکمان جدا شده است. این مقدار تقریباً با تخمینی که پیشتر با مطالعه فسیل‌ها و DNA میتوکندری نیز به دست آمده بود مطابقت دارد. داده‌های یکی از گروه‌ها حتی نشانه‌هایی از اختلاط نژادی بین انسان مدرن و نئاندرتال را نیز نمایان می‌کند.

این جهش بزرگ به شدت مدیون نوآوری‌های جدید در رمزگشایی DNAهای قدیمی، اعم از انسان و غیر انسان، توسط روشی موسوم به متائونومیکس است. متائونومیکس در ابتدا برای بررسی واگرایی میکروپ‌ها به کار می‌رفت. در این روش تمامی DNA موجود در نمونه توالی‌یابی می‌شود و سپس به کمک برنامه‌های پیچیده کامپیوتری، توالی‌های مرتبط با گونه مورد نظر با بررسی شباهت آن با ژنوم جانداران در دسترس به دست می‌آید.



در ژانویه ۲۰۰۶ محققان توانستند با ترکیب این روش با روش سریع توالی‌یابی موسوم به pyrosequencing که در آن با استفاده از تابش‌های نور هزاران باز همزمان با هم تعیین می‌شوند، ۱۳ میلیون باز موجود در ژنوم یک ماموت ۲۷۰۰۰ ساله را به دست آورند. از روی همین نمونه، ۱۵ میلیون باز دیگر متعلق به انواع باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، میکروپ‌های محیط خاک و گیاهانی که همراه با این پستاندار عظیم‌الجثه در محیط وجود داشته‌اند به دست آمد.

### ۳. کوچک شدن پهنه‌های یخی

امسال دانشمندان به این حقیقت نگران‌کننده پی‌بردند که دو پهنه بزرگ یخی که گروئنلند و قطب جنوب را می‌پوشانند به سرعت در حال کوچک شدن هستند. پژوهشگران نمی‌دانند که چرا این دو توده عظیم یخ این قدر نسبت به گرم شدن هوا و آب اقیانوس‌ها -- که هنوز در حد پایینی است -- حساس‌اند. آینده پهنه‌های یخی نامعلوم است ولی اگر انقباض آنها با این سرعت غیر منتظره ادامه یابد، سواحل پست -- از جمله نیواورلئان، فلوریدای جنوبی، و بیشتر بنگلادش -- نه طی چند هزاره بلکه طرف چند سده زیر آب خواهند رفت. این کشف نگران‌کننده متکی بر چند دهه اندازه‌گیری به وسیله ارتفاع سنج‌های لیزری هوایی و رادارهای مدارگرد و اخیراً، و ماهواره است که جرم یخ را مستقیماً از روی کشش گرانشی آن اندازه می‌گیرند.

اثبات‌اند). ولی این دو مقاله حاوی مطالب کافی برای حل و فصل حدس پوانکاره هستند.

نویسندگان مقاله سوم، خوی-دونگ تسائو (Huai-Dong Cao) از دانشگاه لیهی در پنسیلوانیا و خی-پینگ جو (Xi-Ping Zhu) از دانشگاهی در چین، حزم و احتیاط کمتری نشان داده‌اند و ادعا کرده‌اند که «اولین شرح اثبات کامل حدس پوانکاره و حدس هندسی‌سازی» را فراهم ساخته‌اند. در تابستان امسال، اتحادیه بین‌المللی ریاضی (IMU) تصمیم گرفت مدال فیلدز را که بالاترین نشان افتخار در ریاضیات به حساب می‌آید به پرلمان اهداء کند.

### ابراهای تیره

پس از آن، ابرهای تیره‌ای بر این پیروزی سایه افکند. در ۲۲ اوت، جان بال رئیس اتحادیه بین‌المللی ریاضی اعلام کرد که پرلمان مدال فیلدز را نپذیرفته است. ریاضیدان مزوی در مصاحبه‌ای با نیویورکر گفت که از ریاضیات کناره گرفته زیرا انحراف همکاران از «معیارهای اخلاقی» او را سرخورده و دلسرد کرده است. مقاله نیویورکر همچنین تصاویر ناخوشایندی از یائو ترسیم کرد و او را متهم کرد که خواستار امتیازی بیش از حد برای دست پروردگانش، تسائو و جو، است.

در ماه‌های بعد، احساسات تند و تیز زیادی ابراز شد. بعضی از ریاضیدان‌ها ادعا کردند که سخنانشان در نیویورکر تحریف شده و یائو تهدید به اعلام جرم علیه آن نشریه کرد. کلایئر و لات ادعا کردند که تسائو و جو اثباتی را که متعلق به آنهاست رونویسی کرده و مدعی مالکیت آن شده‌اند و بعداً این دو نفر چینی اقرار به خطا کردند و حق تقدم کلایئر و لات را به رسمیت شناختند.

پاییز امسال، انجمن ریاضی آمریکا تصمیم گرفت در نشست خود در ژانویه ۲۰۰۷ که در نیواورلئان برگزار می‌شود، میزگردی درباره حدس‌های پوانکاره و هندسی‌سازی با شرکت همه بازیگران این صحنه برگزار کند. اما به گفته جان ایوینگ مدیر اجرایی انجمن، این برنامه به هم خورد زیرا لات حاضر نشد با جو سر یک میز بنشیند. ایوینگ هنوز هم امیدوار است چنین میزگردی را در زمان مناسبی در آینده برگزار کند ولی در حال حاضر، ادامه خصومت‌ها مانع از آن شده است که ریاضیدانان بزرگترین دستاورد جامعه خود در هزاره جدید را جشن بگیرند.

### ۲. حفاری در جستجوی DNA فسیل \*

امسال در ۱۵۰مین سالگرد کشف انسان نئاندرتال، محققان در اروپا و آمریکا توالی‌یابی DNA نئاندرتال شامل بیش از یک میلیون باز را شروع کردند. دو گروه مستقل تا نوامبر ۲۰۰۶ توانستند بخش‌های بزرگی از این DNA، یکی شامل ۶۵۰۰۰ باز و دیگری یک میلیون باز، را توالی‌یابی کنند. با اتکا به این اطلاعات، امید به کشف تفاوت‌های بنیادی که انسان قدیم را در جریان تکامل از انسان امروزی جدا کرده است افزایش یافت.

متعلق به این گونه در جزیره‌ای نزدیک به سواحل شمالی کانادا در ۲۰۰۴ کشف شد. طول این ماهی قریب به ۳ متر است و سر پهن این ماهی با چشم‌هایی که در بالای آن قرار دارد نشان می‌دهد که در آب‌های کم عمق زندگی می‌کرده است. آنچه این ماهی را از گونه‌های مشابه دیگر متمایز می‌کند وجود میج و آرنج در باله‌های جلویی است. وجود گردن نیز در این ماهی کاملاً منحصر به فرد است. همین موضوع باعث از بین رفتن فلس‌های بزرگ آبخشی در این ماهی شده است ولی پوشش فلس در تمام سطح بدن این جاندار وجود داشته است.

به نظر می‌رسد وجود دنده‌های نیرومند در قفسه سینه این گونه، به او در نگه داشتن نفس و گریختن از آب به خشکی برای درمان ماندن از کوسه‌ها و دیگر شکارچیان و یا شکار حشرات کمک می‌کرده است.

## ۵. لباس نامریی\*\*

امسال فیزیکدان‌ها توانستند اولین لباسی را که قابلیت نامریی شدن دارد بیابند و با این کار علوم را یک گام به مباحث علمی-تخیلی نزدیک کنند. این پوشش (لباس) حلقه‌ای شکل که البته هنوز در مراحل ابتدایی ساخت است، فقط وقتی نامریی است، که توسط مایکروویوهای (ریز موج‌هایی) با طول موج مشخص که به موازات صفحه حلقه خود منتشر شوند مشاهده گردد. این وسیله حلقه‌ای شکل انقلابی در درک ما از استفاده از امواج الکترومغناطیسی ایجاد خواهد کرد.



این عمل «نامریی سازی» در ماه مه سال جاری (۲۰۰۶) و بر اساس دو تحلیل مستقل که پیش‌بینی کرده بودند امکان انحراف امواج الکترومغناطیسی در اطراف یک جسم به منظور استتار آن، وجود دارد آغاز شد. برای عملی کردن این محاسبات و تحلیل‌ها تنها نیاز بود که پوسته‌ای از کنار هم گذاشتن میله‌های نازک فلزی و حلقه‌های C شکل طراحی شود: برخورد امواج با پوسته الکترون‌ها را در آن به حرکت در می‌آورد و باعث ایجاد انقطاع در حرکت موج می‌گردد. در هر دوی این تحلیل‌ها تمام خواص مواد و نحوه قرارگیری این میله‌ها و حلقه‌ها محاسبه شده بود و فقط باقی مانده بود که آزمایشگرها آن را به عمل درآورند.

در اکتبر، یکی از این دو گروهی که محاسبات را انجام داده بودند توانستند در عمل آن را به اجرا درآورند، ولی نه به‌طور کامل. فیزیکدان‌های دانشگاه دوک (Duke) به جای یک کره نامریی یک حلقه نامریی ساختند.

این اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهند که هم گروئنلند و هم قطب جنوب طی ۵ تا ۱۰ سال گذشته در حال از دست دادن یخ‌های خود بوده‌اند. میزان کاهش یخ در مورد گروئنلند ۱۰۰ گیگاتن در سال و در مورد قطب جنوب، دهها گیگاتن در سال بوده است. این پدیده هنوز سطح آب اقیانوس‌ها را بیشتر از ۱/۰ متر در قرن بالا نمی‌برد ولی پژوهشگران نگران‌اند که ممکن است این میزان در آینده نزدیک به یک متر در قرن افزایش یابد. تاکنون فرض بر این بود که گرم شدن کلی زمین، یخ پهنه‌های یخی را بیشتر از پیش آب می‌کند، ولی معلوم شده است که یخ نه فقط سریعتر آب می‌شود بلکه سریعتر هم حرکت می‌کند و توده‌های یخ با سرعت بیشتری از پهنه‌ها دور می‌شوند. حال پژوهشگران نمی‌دانند بعداً چه پیش خواهد آمد. آیا این جریان نسبتاً قوی گرم شدن آب و هوا در اطراف یخ‌ها همچنان ادامه خواهد یافت و یا بر اثر تغییرات طبیعی اقلیمی تضعیف خواهد شد؟ باید منتظر یافته‌های جدید بود.

## ۴. نه ماهی، نه پرنده\*

امسال دیرین‌شناسان بررسی یک فسیل ماهی را آغاز کردند که از گذشته خیلی دور توانایی تنفس در خشکی را داشته است و به نظر می‌رسد حتی می‌توانسته تا مسافتی کمابیش طولانی را در خشکی بپیماید. این موجود عجیب‌الخلقه با جثه تنومند و باله‌های به هم چسبیده جاننداری متعلق به ۳۷۵ میلیون سال پیش است که می‌تواند حلقه‌ای مفقود در جریان تکامل به حساب آید و آنچه را که به جانوران بعدی کمک کرد تا خشکی را به تصرف درآورند بیشتر روشن کند.



تمام مهره‌داران دارای دست و پا، که با نام تتراپاد شناخته می‌شوند از گونه‌ای ماهی که دارای باله‌های عضلانی بوده‌است بین ۳۷۰ تا ۳۶۰ میلیون سال پیش منشعب شده‌اند. بیشتر این نوع ماهیان عجیب اسکلتی تغییر شکل یافته داشته‌اند؛ در این میان، درشت بودن استخوان‌های باله پدیده قابل توجهی است. همین شکل در نهایت منجر به پدید آمدن اندام دست و پا در جانداران ما بعد آن شده است که برای حمل وزن جثه چنین موجوداتی بر روی خشکی ضروری بوده است. این فسیل جدید بزرگترین ماهی شیبه به تتراپادها است که تاکنون کشف شده است. سه فسیل

## ۷. پیشروی در راه تنوع زیستی\*

در باره اینکه گونه‌های نوزایش‌یافته چگونه با خروج از امتداد نسل‌های پیشین، مسیری جداگانه را برای خود در پیش می‌گیرند اطلاعات چندان زیادی در اختیار نداریم. تحقیقات در ۱۲ ماه گذشته عواملی که به تمایز گونه‌های جدید در بین سایر موجودات منجر می‌شوند را آشکار ساخته است. این تحقیقات باز هم توانایی دانش ژنومیکس را در فهم بهتر مسائل زیست‌شناسی تکاملی نمایان می‌کند و به یک پرسش بنیادی پاسخ می‌دهد: تنوع زیستی چگونه پدید می‌آید.

از جمله این تحقیقات می‌توان به تعیین عامل تمایز یافتگی در موش ساحلی فلوریدا اشاره کرد. رنگ روشن‌تر پوست که این گونه را از دیگر هم‌خانواده‌هایش قابل تشخیص می‌کند تنها به دلیل تغییر یک نوکلئوتید در ژن گیرنده ملانوکورتین-۱ پدید آمده است. تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که عدم تنظیم ژن کالمودولین در سهره کاکتوس باعث پدید آمدن متغیر نسبتاً بلند در این پرنده گردیده است.



دانشمندان از اواخر دهه ۱۹۳۰ با مطالعه بر روی گونه‌های متفاوت بعضی از جانداران مثل انواع بشه میوه دریافته بودند که تفاوت حتی بسیار جزئی توالی ژنی در بین دو یا چند جایگاه ژنی مختلف در نسل‌های حاصل از آمیزش دو گونه هم‌خانواده، طی فرایندهای پیچیده زیستی، باعث ایجاد اختلال در تولید محصول پروتئینی مورد نیاز برای ادامه حیات می‌گردد. تحقیقاتی که در ادامه همین موضوع در سال گذشته انجام شد نشان داد که قرارگیری یک ژن یکسان در دو گونه مختلف بشه میوه در دو جایگاه متفاوت باعث بروز اختلال در نسل دورگه حاصل از آنها می‌شود. این پدیده می‌تواند ناشی از مضاعف شدن و حذف نسخه اولیه ژن در یکی از این دو گونه باشد.

البته در یک مورد از تحقیقات صورت گرفته، گونه دورگه به خوبی به بقا ادامه می‌دهد. در ماه ژوئن متخصصان زیست‌شناسی تکاملی با آمیزش دو گونه متفاوت از پروانه‌های هم‌خانواده، یک زاد دورگه که نوارهای زرد و قرمز بر روی بال‌هایش دارد را به دست آوردند. چنین طرح خطوط رنگی بر روی بال‌ها، برای گونه قدیمی غیر جذاب است و باعث می‌شود این گونه جدید به طور جدا افتاده به تولید نسل‌های بعدی ادامه دهد.

آنها در تقریب‌هایی که به کار بردند پوشش را از حالت نامرئی کامل در می‌آورد. اما به هر حال این حلقه ریز موج‌ها را به نحوی مطلوب منحرف می‌کرد. با این وجود هنوز تا ساخت لباس‌هایی که در نور مرئی دیده نشوند سال‌ها فاصله داریم. به هر صورت امکان استفاده از این لباس نامرئی برای عملیات جاسوسی وجود ندارد، زیرا از داخل آن نمی‌توان به بیرون نگرست!

## ۶. روزنه امید برای بیماران مبتلا به آسیب لکه زرد

سال گذشته، خبرهای خوبی برای افراد زیادی که از یک نوع بیماری کاهنده بینایی به نام آسیب لکه زرد یا ماکولار دژنراسیون وابسته به سن (AMD) رنج می‌برند، به همراه داشت. در اکتبر، مجله New England Journal of Medicine، نتایج دو کارآزمایی بالینی را منتشر کرد که نشان می‌دادند که درمان با داروی «Ranibizumab»، بینایی را تقریباً در یک سوم بیماران مبتلا به فرم جدی‌تر AMD که فرم مرطوب است، افزایش داده و وضعیت اغلب بیماران دیگر را تشبیت می‌کند. سایر درمان‌های تأیید شده می‌توانند تنها پیشرفت AMD را کند کنند. از دست رفتن بینایی در فرم مرطوب AMD ناشی از رشد عروق خونی غیر طبیعی و خروج (نشت) مایع از آنها در ماکولار، ناحیه مرکزی تین (شبکیه چشم) است.



محققان AMD، در حال پیشرفت در زمینه دیگری نیز هستند. آنها طی یک سال و نیم گذشته چندین ژن را که بر استعداد ابتلای فرد به بیماری چشمی تأثیر می‌گذارند، آشکار کرده‌اند. یکی از این ژن‌ها، ژن VEGF است؛ یک ژن دیگر پروتئینی می‌سازد که به تنظیم رشد عروق خونی نیز کمک می‌کند. علاوه بر این، چندین گروه تحقیقاتی ژن‌هایی را مورد مطالعه قرار داده‌اند که پروتئین‌هایی را کد می‌کنند که در جریان التهاب نقش دارند و اگر به درستی کنترل نشوند ممکن است باعث آسیب بافتی شوند. تعیین این ژن‌ها می‌تواند به پزشک در تصمیم‌گیری در مورد اینکه آیا فرد در معرض خطر زیادی از لحاظ ابتلا به AMD هست یا خیر و به تبع آن، آیا نیاز به اقدامات پیشگیری کننده همچون مصرف بیشتر آنتی‌اکسیدان‌ها و عدم استعمال سیگار دارد یا خیر، کمک کند.



یکی از مسائل مهمی که در علوم اعصاب مطرح است چگونگی ضبط خاطرات جدید توسط مغز است. یکی از احتمالات جالب در این زمینه، فرایندی به نام LTP (تقویت دراز مدت) است که ارتباطات میان نورون‌های را تقویت می‌کند. بسیاری از متخصصان عقیده دارند که LTP یک مکانیسم حافظه است ولی اثبات این موضوع آسان نبوده است. امسال شواهد متعددی در تأیید این نظر به دست آمد.

فرایند LTP در اوایل دهه ۱۹۷۰ زمانی کشف شد که با آزمایش روی خرگوش‌ها معلوم شد که یک قطار از تحریکات متوالی الکتریکی باعث تقویت اتصالات بین نورون‌ها در هیپوکامپ (ناحیه‌ای از مغز که به حافظه ربط دارد) می‌شود. مطالعات بعدی نشان داد اگر داروهایی که مانع از این فرایند می‌شوند به یک حیوان داده شود، خاطرات جدید تشکیل نمی‌شود.

### ۱۰. دستکاری لحظه‌ای \*

انواع خاصی از مولکول‌های کوچک RNA که باعث متوقف شدن تجلی برخی ژنها می‌گردند از موضوعات بسیار مورد توجه در سال‌های اخیر بوده‌اند. سال ۲۰۰۶ نیز در این بین استثنا نیست. محققان نوع جدید دیگری از این دسته RNAها را با عنوان Piwi-interacting RNA یا piRNAها کشف کرده‌اند. مشاهدات بسیار صورت گرفته بر روی جانوان مختلف و از جمله انسان نشان می‌دهد که piRNAها اساساً با خویشاوند نزدیک خود RNAهای کوچک متفاوت‌اند. دانشمندان هنوز در حال رقابت برای یافتن اطلاعات بیشتری راجع به آنها و جستجوی مکان‌های دیگری در بدن که محل تجمعشان باشند هستند. اولین بار در تابستان گذشته ۴ گروه از محققان piRNAها را در مقالات متعدد توصیف کردند. از یک نظر کشف piRNAها چندان دور از انتظار به نظر نمی‌رسید. ژن‌های Piwi که piRNAها به آنها متصل می‌شوند متعلق به خانواده‌ای از ژن‌ها موسوم به Argonaute هستند که RNAهای کوچک دیگر مثل miRNAها و siRNA توسط دیگر ژن‌های همین خانواده کنترل می‌شوند. دانشمندان بر این باورند که ژن Piwi فرایندهای رشد و نگهداری سلول‌های اسپرم را در بسیاری از جانداران تنظیم می‌کنند.

برخی ویژگی‌های بارز piRNAها برای زیست‌شناسان جذابیت خاصی داشته است، از جمله طول حدود ۳۰ نوکلئوتیدی آنها در مقایسه با طول ۲۲ نوکلئوتیدی miRNAها و siRNAهاست که باعث شده است تا آنها را به عنوان عضوی از خانواده RNAهای کوچک به شمار آورند. فراوانی و تنوع مولکولی آنها نیز موضوع قابل توجهی است. گروهی از دانشمندان قریب به ۶۲۰۰۰ مولکول piRNA را در دستگاه مولد سلول‌های جنسی موش صحرایی یافته‌اند که نزدیک به ۵۰۰۰۰ تا آنها تنها یکبار مشاهده شده‌اند.

زیست‌شناسان امسال توانستند تصویر روشن‌تری از ساختمان سلول‌ها و پروتئین‌ها به دست آورند. در این فناوری میکروسکوپی از محدودیت‌های پایه‌ای اپتیک اجتناب می‌شود و اثبات عینی موضوعات زیست‌شناسی ممکن می‌گردد. یک میکروسکوپ معمولی نمی‌تواند اشیایی کوچکتر از نیم طول موج نور یا اشعه‌ای را که برای روشن کردن آنها به کار می‌برد را تشخیص دهد. این مقدار برای نور معمولی حدود ۲۰۰ نانومتر است.

در آوریل گذشته، محققان آلمانی روشی به نام stimulated emission depletion (تهی‌سازی گسیل تحریک شده) یا اختصاراً STED را برای مشاهده کپسول‌های بسیار ریز موجود در سلول‌های عصبی به نام وزیکول‌ها (حبابچه‌ها) سیناپسی مورد استفاده قرار دادند. ماده‌ای که نقش ناقل عصبی را ایفا می‌کند، هنگام اتصال وزیکول به غشاء سلولی، تخلیه می‌شود. این گروه نشان دادند که یک پروتئین درون وزیکول به متصل‌کننده وزیکول و غشاء چسبیده باقی می‌ماند. بنابراین این ایده مطرح شد که هنگام شکل‌گیری وزیکول جدید طی فرایند معکوس، نیاز به تهیه مجدد پروتئین از محیط نیست. برای انجام این مشاهده آنها پروتئین‌ها را با یک ماده فلورسنت نشانه‌گذاری کردند و نمونه مورد بررسی را تا بیشترین اندازه ممکن که تابش برانگیخته نقطه از حد انکسار تجاوز نکند، تحت تابش لیزر قرار دادند. سپس با استفاده از یک پالس دیگر همراه با یک چاله سیاه (dark hole) در وسط، توانستند تابش نقاط فلورسنت را تا حد نقاط بسیار ریز روشن کاهش دهند و با پردازش سطح فلورسنت در نمونه در نهایت تصویری با وضوح چند ده نانومتر به دست آورند.

گروه دیگری با استفاده از شیوه ساده‌تری با عنوان photoactivated localization microscopy (تعیین مکان به وسیله ذرات تحریک شده با نور) یا به اختصار PALM تصاویر واضحی از پروتئین‌ها به دست آوردند. آنها از نشانه‌گذارهای فلورسنتی که تنها با نوری با طول موج معین برانگیخته می‌شوند استفاده کردند. محققان با تابش لیزری با این طول موج خاص در مقیاس بسیار پایین توانستند یک مولکول نشان‌گذاری شده را روشن کنند. البته این مولکول هنوز تصویری مبهم را در زیر میکروسکوپ نشان می‌دهد اما آنها توانستند با جستجوی مرکز لکه روشن موقعیت دقیق پروتئین در سلول را تا حد نانومتر تعیین کنند.

اینکه این شیوه‌ها در آینده تا چه اندازه متداول خواهند شد چیزی است که باید منتظر ماند و دید. PALM برای مشاهده پدیده‌های متحرک بسیار کند است و STED نیاز به نشان‌هایی فلورسنتی دارد که بتوانند سطوح بالای برانگیختگی را تحمل کنند. هرچند با این شیوه‌ها به نظر می‌رسد که محدودیت‌های شیوه‌های انکساری پشت سر گذاشته شده است ولی هنوز محققان به فراگیر شدن چنین فناوری‌های بدگمان هستند.